



⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 44 20 193 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**G 01 M 15/00**  
G 01 N 27/22  
G 01 R 27/26

⑳ Aktenzeichen: P 44 20 193.1  
㉑ Anmeldetag: 9. 6. 94  
㉒ Offenlegungstag: 4. 1. 96

DE 44 20 193 A 1

㉑ Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

㉒ Erfinder:  
Horn, Horst, Dipl.-Ing., 31832 Springe, DE

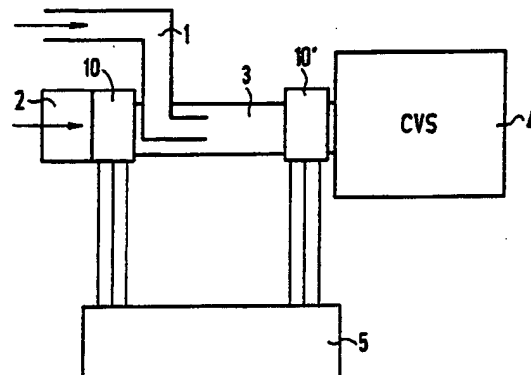
㉓ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE	42 13 640 A1
DE	40 25 841 A1
DE	40 17 473 A1
DE	40 17 472 A1
DE	38 41 264 A1
DE	35 23 497 A1
AT	3 91 556 B
US	51 68 240
US	50 89 783
US	48 87 576
US	45 80 441

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉔ Anordnung zur Erfassung von Schadstoffen bei Kraftfahrzeugmotoren mit Selbstzündung

㉕ Speziell zwecks Zertifizierung, aber auch für die Leistungsoptimierung werden häufig sogenannte CVS-Anlagen (Constant Volume Sampling) benutzt, um insbesondere eine integrale Messung durchführen zu können. Alternativ dazu können auch für den Gastransport geeignete Gebläse verwendet werden, wobei in jedem Fall ein Raumluftfilter benötigt wird. Zur Vermeidung eines großvolumigen Verdünnungstunnels wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, daß zwei identische Sonden (10, 10'; 100) vorhanden sind, wobei die eine Sonde (10) unmittelbar hinter dem Raumluftfilter (3) zur Erfassung der in der gefilterten Umgebungsluft vorhandenen Restpartikel und die andere Sonde (10') hinter dem Mischpunkt von Verdünnungsluft und dem abgesaugten Abgas zur Erfassung der Gesamtpartikel in Raumluft und Abgas angeordnet ist. Die Sonden (10, 10'; 100) arbeiten vorzugsweise nach dem kapazitiven Meßprinzip.



DE 44 20 193 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Anordnung zur Erfassung von Schadstoffen bei Kraftfahrzeugmotoren mit Selbstzündung (Dieselmotoren) zwecks Zertifizierung und/oder Leistungsoptimierung, unter Verwendung einer CVS-Anlage (Constant Volume Sampling) oder eines für den Gastransport geeigneten Gebläses, wobei jeweils ein Raumluftfilter vorhanden ist.

Bei der Zertifizierung von Kraftfahrzeugen werden auf Rollenprüfständen bestimmte, von der jeweils zuständigen Behörde (epa (environment pro agency), ECE, etc.) vorgegebene Fahrprofile von einem Fahrer mit dem Kraftfahrzeug abgefahren und die dabei entstehenden Abgaskomponenten mittels Abgas-Meßanlagen modal bzw. integral gemessen und dokumentiert. Das Abgas wird dabei mit Hilfe sogenannter Verdünnungseinrichtungen (CVS = Constant-Volume-Sampling) mit Raumluft verdünnt. Aus diesem Abgas-Luftgemisch wird über den gesamten Test eine kleine repräsentative Probe entnommen und sofort (modal) analysiert; gleichzeitig wird ein Teil dieser Probe in sogenannte Sammelbeutel gesammelt. Nach Testende werden die gesammelten Beutelinhalte zusammen (integral) analysiert. Mit Hilfe des von der CVS-Anlage ermittelten Gesamtdurchsatzes, d. h. von Abgas plus Verdünnungsluft, läßt sich daraus die Gesamtmenge der emittierten Schadstoffe berechnen.

Bei Kraftfahrzeugmotoren mit Selbstzündung, d. h. bei Dieselfahrzeugmotoren, verlangt der Gesetzgeber nicht nur den Nachweis der Menge der emittierten Schadstoffe wie CO, CO<sub>2</sub>, HC und NO<sub>x</sub>, sondern zusätzlich auch den Nachweis der Menge der emittierten Rußpartikel.

Speziell für den Nachweis von Rußpartikeln kann ebenfalls eine CVS-Anlage verwendet werden, die aber für diesen Fall durch einen sogenannten Verdünnungstunnel erweitert werden muß. In diesem Verdünnungstunnel erfolgt die Vermischung des Abgases mit Raumluft. Ein zusätzlicher Mischer sorgt dafür, daß ein homogenes Gemisch über den gesamten Tunnelquerschnitt entsteht und Schichtungen vermieden werden. Aus diesem homogenen Gemisch wird wiederum eine kleine repräsentative Probe entnommen und einem sogenannten Partikelsammler zugeführt, wo sich die Rußpartikel auf konditionierte Papierfilter gravimetrisch ablagern. Nach dem Test werden die Papierfilter nochmals konditioniert, d. h. sie werden ca. 24 h bei vorgeschriebener Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit gelagert. Erst danach kann mit einer hochempfindlichen Mikrowaage die Partikelmenge gewogen und die gesamte Partikelemission mit Hilfe der Angaben aus der CVS-Anlage berechnet werden.

Vorstehend beschriebenes Verfahren hat folgende Nachteile:

- Die Gesamtanlage wird durch den Verdünnungstunnel sehr groß,
- die Konditionierung ist langwierig,
- das Testergebnis liegt nicht sofort vor, sondern erst nach nochmaliger Konditionierung der Partikelfilter,
- eine modale Partikelmessung ist nicht möglich,
- bei Fahrzeugen mit sehr geringer Partikelemission ist ein gravimetrischer Nachweis kaum noch möglich.

Von letzteren Nachteilen abgesehen ist eine Gesamt-

einrichtung zur Partikelmessung, bestehend aus Verdünnungstunnel, Mischer, Partikelsammler und Konditionierungsraum, äußerst aufwendig und damit teuer.

Aufgabe der Erfindung ist es demgegenüber, ein System vorzuschlagen, das insbesondere ohne den voluminösen Verdünnungstunnel auskommt.

Die Aufgabe ist erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß zwei identische Sonden vorhanden sind, wobei die eine Sonde unmittelbar hinter dem Raumluftfilter zur Erfassung der in der gefilterten Umgebungsluft vorhandenen Restpartikel und die andere Sonde hinter dem Mischpunkt von Verdünnungsluft mit dem abgesaugten Abgas zur Erfassung der Gesamtpartikel in Raumluft und Abgas angeordnet ist.

Bei der Erfindung werden in vorteilhafter Weise solche Sonden verwendet, die aus den im Gemisch vorhandenen Partikeln ein von einem Mikrorechner auswertbares Signal liefern, das der Mikrorechner mit Hilfe der erfaßten Größen — wie Druck, Temperatur und absolute Luftfeuchte — korrigiert. Vorzugsweise arbeiten solche Sonden nach dem kapazitiven Meßprinzip.

Das mit dem erfindungsgemäßen System durchzuführende Meßverfahren hat gegenüber dem Stand der Technik folgende Vorteile.

- Auf Verdünnungstunnel, Partikelsammler und Konditionierraum wie ein klimatisierter Reinraum mit Mikrowaage u. dgl. kann verzichtet werden, wodurch erhebliche Kosten wegfallen.
- Es wird Platz eingespart, der auf den Prüfständen meistens immer sparsam bemessen ist.
- Es wird kein Filterpapier benötigt, so daß sich die langwierige Konditionierung erübrigt.
- Das Meßergebnis liegt ohne Zeitverzug sofort vor.
- Die Bestimmung der Partikel kann modal erfolgen, wobei durch den Motorenentwickler ein Instrument zur Verfügung steht, mit dem er Motoren optimal hinsichtlich Verbrennung, Leistung, Umweltschutz, etc. einstellen kann.
- Im Gegensatz zu den bisherigen Verfahren, bei denen immer nur eine kleine repräsentative Teilmenge gemessen wird, werden durch das sogenannte Vollstromverfahren alle Partikel erfaßt, was sich positiv auf die Genauigkeit des Meßergebnisses auswirkt.
- Aufgrund der Vollstrommessung läßt sich die emittierte Partikelmenge sogar bei sehr schadstoffarmen Fahrzeugen (LEV bzw. ULEV) nachweisen.

Will man nicht zertifizieren, so kann man auf die kostspielige CVS-Anlage verzichten, indem man für den notwendigen Gastransport ein geeignetes Gebläse verwendet und die Sonden zur Bestimmung der Abgasmenge mit Durchflußmessern kombiniert. Mit einer solchen preiswerten Einrichtung können übliche Motorprüfstände nachgerüstet werden, wodurch schon bei der Motorenentwicklung die Partikelemission meßtechnisch modal erfaßt werden kann.

Bei Verwendung geeigneter Sensoren ist eine zunehmende Verschmutzung oder gar ein Zusetzen der Sonden mit Rußpartikeln nicht zu befürchten. Vielmehr wird sich aufgrund der hohen Strömungsgeschwindigkeit — ähnlich wie bei einer Venturidüse in einer CVS-Anlage — ein konstanter Verschmutzungsgrad einstellen, der durch eine erneute Kalibrierung eliminiert wird.

Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Figurenbeschreibung

von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung. Es zeigen

Fig. 1 den Aufbau der neuen Meßrichtung als Blockschaltbild sowie

Fig. 2 und 3 den Aufbau eines vorteilhaft zu verwendenden Meßkondensators als Sensor bei einer Meßeinrichtung gemäß Fig. 1.

In der Fig. 1 bedeuten 1 ein erstes Gasführungsrohr für ein Automobilabgas, die in ein zweites Gasführungsrohr 2 mit größerem Lumen und Umgebungsluft bzw. Raumluft eingebracht ist und dort einen Mischpunkt bildet. Dem Führungsrohr 2 für Umgebungsluft ist ein Filter 3 vorgeschaltet. Nach dem Filter 3 ist vor dem Mischpunkt von Umgebungsluft und Abgas eine erste Sonde 10 und nach dem Mischpunkt eine zweite Sonde 10' angeordnet, die beide identisch aufgebaut sind und nach dem gleichen Meßprinzip arbeiten. Weiterhin ist eine sogenannte CVS-Anlage 4 (Constant Volume Sampling) vorhanden sowie ein Mikro-Rechner 5 zur Auswertung der Signale.

Die Meßeinrichtung gemäß Fig. 1 arbeitet nach folgendem Funktionsprinzip:

Die angesaugte Verdünnungsluft gelangt über das Raumluftfilter 3 zur Sonde 10, in dem die immer noch vorhandenen Restpartikel gemessen werden. Hinter der Sonde 10 erfolgt eine Vermischung von Verdünnungsluft und dem abgesaugten Abgas.

Dieses Gemisch passiert die Sonde 10', in der die gesamten Partikel gemessen werden. Der Mikro-Rechner 5 verarbeitet beide Sensorsignale, korrigiert sie hinsichtlich Druck, Temperatur sowie Luftfeuchte und stellt die berechnete emittierte Partikelmenge als Modal- oder Integralwert zur weiteren Verarbeitung zur Verfügung.

Will man nicht zertifizieren, so kann man auf die CVS-Anlage verzichten, indem man für den notwendigen Gastransport ein geeignetes Gebläse verwendet und die Sonden zur Bestimmung der Gasmenge mit Durchflußmessern kombiniert.

Wichtig ist bei dieser Einrichtung die Verwendung solcher Sonden, die aus den im Gemisch vorhandenen Partikeln ein von einem Mikro-Rechner auswertbares Sensorsignal liefern. Vorteilhaft zu verwendende Sonden arbeiten nach folgendem Prinzip: Zwei gegenüberliegende, im Abstand d voneinander entfernte ebene Platten mit der Fläche A bilden einen Kondensator mit der Kapazität C. Für die Kapazität C gilt folgende Gleichung:

$$C = A \cdot \epsilon \cdot r / d,$$

wobei  $\epsilon$  die absolute und  $r$  die relative Dielektrizitätskonstante darstellt.

Für Vakuum ist  $r = 1$ , für jeden anderen Stoff, also auch für die Rußpartikel, ist  $r$  größer als 1, d. h., daß bei konstanter Fläche A und konstantem Plattenabstand d die Kapazität allein vom Dielektrikum zwischen den Platten abhängig ist.

Wird ein solcher Kondensator von dem Gemisch aus Verdünnungsluft und Abgas durchströmt, so stellt sich eine relative Dielektrizitätskonstante ein, die von der Anzahl der im Gemisch vorhandenen Partikel abhängig ist. Sind wenig Partikel im Gemisch vorhanden, so liegt die resultierende relative Dielektrizitätskonstante in der Nähe von 1 (Luft), im anderen Fall entsprechend höher.

Ein geeignetes Sensorsignal läßt sich erzeugen, wenn man diesen Kondensator in einem Stromkreis mit Wechselspannung betreibt und den Spannungsabfall

über ihn meßtechnisch erfaßt.

In Fig. 2 und Fig. 3 ist als Sonde 10 oder 10' in Fig. 1 ein Meßkondensator speziell als Zylinderkondensator 100 ausgebildet und besteht aus zwei im wesentlichen rotationssymmetrisch ausgebildeten Rohren 110 und 115, die von Ringhalterungen 130 getragen sind. Dabei sind die Enden des Zylinderkondensators 100 als Eingang und Ausgang für den Gasstrom durch schräggestellte Wände 111 und 116 jeweils in Form einer Venturidüse ausgebildet. Zwischen den geraden Teilen der Rohre 110 und 115 entsteht so ein in Axialrichtung des Rohrkondensators 100 durchströmbarer Ringspalt 120, bei dem der Druckabfall vernachlässigbar ist. Für diesen Bereich gelten die vorstehend für einen Plattenkondensator ausgeführten Überlegungen in entsprechender Weise.

Anhand von Modellrechnungen läßt sich zeigen, daß das Meßsignal in geeigneter Weise aufbereiten werden kann. Betrachtet man den Meßkondensator als Teil eines aus einem RC-Glied bestehenden Spannungsteilers, so läßt sich in einfacher Weise zeigen, daß die am Meßkondensator abfallende Spannung ein Maß für die Partikel in dem durch den Rohrkondensator strömenden Abgas ist. Der so erhaltene Spannungswert läßt sich mit einem Mikroprozessor meßtechnisch erfassen und aufbereiten.

Ein anderer Ansatz zur Gewinnung eines auswertbaren Sensorsignals bei Ausnutzung des kapazitiven Meßprinzips ist dadurch gegeben, daß eine Messung der Kraft des Dielektrikums zwischen den beiden Platten mit Hilfe eines Piezoelementes erfolgt. Weiterhin kann der Meßkondensator Teil eines Oszillators sein und man mißt die Verstimmung bzw. die Schwingungen pro Sekunde, die sich durch die ständige Änderung der Kapazität verändert.

#### Patentansprüche

1. Anordnung zur Erfassung von Schadstoffen bei Kraftfahrzeugen in Selbstzündung (Dieselmotoren) zwecks Zertifizierung und/oder der Leistungsoptimierung unter Verwendung einer CVS-Anlage (Constant Volume Sampling) oder eines für den Gastransport geeigneten Gebläses, wobei jeweils ein Raumluftfilter vorhanden ist, dadurch gekennzeichnet, daß zwei identische Sonden (10, 10') vorhanden sind, wobei die eine Sonde (10) unmittelbar hinter dem Raumluftfilter (3) zur Erfassung der in der gefilterten Umgebungsluft vorhandenen Restpartikel und die andere Sonde (10') hinter dem Mischpunkt von Verdünnungsluft mit dem abgesaugten Abgas zur Erfassung der Gesamtpartikel in Raumluft und Abgas angeordnet ist.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoren (10, 10', 100) ein von einem Mikrorechner (5) auswertbares Signal liefern, das vom Mikro-Rechner (5) mit Hilfe der erfaßten Größen — wie Druck, Temperatur, absolute Luftfeuchte — korrigiert wird.

3. Anordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Sonden (10, 10', 100) nach dem kapazitiven Meßprinzip arbeiten.

4. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Sonden durch Kondensatoren ((10, 10', 100)) mit vorgegebener Elektrodenfläche (A) gebildet sind, die einen Meßkondensator mit vorgegebener Kapazität (C) definieren, die allein vom Dielektrikum zwischen den Platten abhängig

ist, wobei der Spannungsabfall über den so gebildeten Meßkondensator (10, 10', 100) in einem RC-Glied als Meßsignal dient.

5. Anordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die mit Hilfe eines Piezoelementes 5 erfaßbare Kraft des Dielektrikums zwischen den beiden Kondensatorplatten als Meßsignal erfaßt wird.

6. Anordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßkondensator (10, 10') in einen 10 Schwingkreis geschaltet ist, dessen Verstimmung als Meßsignal erfaßbar ist.

7. Anordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß als Meßkondensator ein Zylinderkondensator (100) mit einem Ringspalt (120) zwischen 15 zwei konzentrischen Elektrodenflächen (110, 115) verwendet wird, der in Axialrichtung mit Gasgemisch aus Raumluft und Abgas durchströmbar ist.

8. Anordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchmesser des Zylinderkondensators (100) entsprechend der Größe der 20 verwendeten Gastransporteinrichtung, die der Motorleistung und damit der Abgasmenge proportional ist, gewählt wird.

9. Anordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Ringspalt (120) des Zylinderkondensators (100) so gewählt ist, daß der Druckabfall 25 vernachlässigbar ist.

10. Anordnung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Ringspalt (120) am Ein- und Aus- 30 laß des Zylinderkondensators (100) als Venturidüse ausgebildet ist.

11. Anordnung nach den Ansprüchen 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Zylinderkondensator (100) einen Durchmesser zwischen 25 und 35 50 mm mit einem Ringspalt zwischen 5 und 20 mm hat.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

